

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства  
 Отделение школы (НОЦ) электронной инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали</b>

УДК 621.791.052:622.692.4.073

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Петлин Антон Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А. А.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А. А.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т. Г.	Доцент, к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М. В.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения

	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, приборостроении и др. областях, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий производств.

P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P9	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества сварных швов и сварных конструкций
P10	Способность осваивать вводимое новое сварочное оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства

Отделение школы (НОЦ) электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ 06.02.2020 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Петлину Антону Александровичу

Тема работы:

**Разработка технологии сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.01.2020
---	------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования;  
 производительность или нагрузка; режим работы  
 (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид  
 сырья или материал изделия; требования к продукту,  
 изделию или процессу; особые требования к особенностям  
 функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в  
 плане безопасности эксплуатации, влияния на  
 окружающую среду, энергозатратам; экономический  
 анализ и т. д.).*

Трубопровод из двухслойной стали «09Г2С-12Х18Н10Т» диаметром 530 мм.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы</li> <li>2. Описание конструкции</li> <li>3. Разработка технологии сборки и сварки <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Выбор способа сварки</li> <li>3.2. Выбор сварочных материалов</li> <li>3.3. Расчет параметров режима сварки</li> <li>3.4. Выбор сварочного оборудования</li> <li>3.5. Методы борьбы со сварочными деформациями</li> <li>3.6. Сборочные операции</li> <li>3.7. Сварочные операции</li> <li>3.8. Контроль качества сварных соединений</li> </ol> </li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>5. Социальная ответственность</li> </ol> <p>Комплект технологической документации</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Конструктивные элементы кромок</p> <p>Сборка конструкции</p> <p>Конструктивные элементы шва</p> <p>Схема выполнения сварных швов</p>

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Обзор литературы	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Описание сварной конструкции	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка технологии	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Комплект технологических документов	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Т. Г., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Гуляев М. В., старший преподаватель

#### Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
--	------------

#### Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		05.02.2020

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Петлин А.А.		05.02.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В61	Петлин Антон Александрович

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Электронной инженерии</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

#### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - премиальный коэффициент – 0.3; - накладные расходы – 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиций ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Описание потенциальных потребителей; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование.

#### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

#### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Трубоченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

#### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1В61	Петлин Антон Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В61	Петлин Антон Александрович

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01Машиностроение

Тема ВКР:

**Разработка технологии сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является технология сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали для предприятия ООО «Сургутнефтегаз»
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Загазованность воздуха;</li> <li>– Температура поверхностей оборудования;</li> <li>– Показатели микроклимата в помещении;</li> <li>– Освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Уровень шума на рабочем месте</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электробезопасность;</li> <li>- Брызги расплавленного металла и искры;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Анализ воздействия объекта на:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Атмосферу (выбросы): воздействие на атмосферный воздух сварочных аэрозолей и газов;</li> <li>– Литосферу (отходы): металлическая стружка при зачистке металла образцов.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Вероятной ЧС является пожар; эвакуация, средства тушения

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1В61	Петлин Антон Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Уровень образования высшее  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2020	1. Обзор литературы	10
28.02.2020	2. Описание конструкции	10
15.03.2020	3. Разработка технологии сборки и сварки 1.1. Выбор способа сварки 1.2. Выбор сварочных материалов	10
30.03.2020	1.3. Расчет параметров режима сварки 1.4. Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2020	1.5. Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2020	1.6. Сборочные операции	10
05.05.2020	1.7. Сварочные операции 1.8. Контроль качества сварных соединений	10
10.05.2020	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
13.05.2020	5. Социальная ответственность	
16.05.2020	6. Комплект технологической документации	10
25.05.2020	7. Заключение	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 с., 3 рис., 34 табл., 13 источников, 7 прил.

Ключевые слова: Двухслойная сталь, трубопровод, ручная дуговая сварка, стыковое соединение, технология сборки и сварки.

Объектом исследования является трубопровод из двухслойной стали «09Г2С- 12Х18Н10Т» диаметром 530 мм и толщиной стенки 14 мм.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали.

В процессе исследования проводились разработка технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали «09Г2С- 12Х18Н10Т» диаметром 530 мм и толщиной стенки 14 мм.

В результате исследования были выбраны сварочные материалы и оборудование, определены режимы сварки.

Область применения: Разработанная технология сборки и сварки может применяться при строительстве новых трубопроводов.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра использованы следующие определения и термины:

трубопровод – инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

сварка – процесс получения неразъёмного соединения посредством возникновения межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого;

сварное соединение – неразъёмное соединение, выполненное сваркой, оно имеет три характерные зоны, которые образуются в процессе сварки: зона сварного шва, зона сплавления изделий и зона термического влияния, а также основную часть металла, прилегающую к зоне термического влияния;

охрана окружающей среды – это комплекс мероприятий, предназначенных для ограничения отрицательного действия человеческой деятельности на природу;

правила безопасности – совокупность мероприятий, которые субъект должен соблюдать, чтобы исключить или свести к минимуму отрицательный фактор, причиняемый источником повышенной опасности, либо предотвратить причинение ущерба объекту повышенной охраны любым источником опасности.

## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
2. ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов. Технические условия.
3. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования к безопасности.
4. РД 153-006-02-2002 Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных трубопроводов.
5. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»
7. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
8. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)»

## Обозначение и сокращения

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

РДС – ручная дуговая сварка;

НД – нормативный документ;

НК – неразрушающий контроль;

ВИК – визуальный и измерительный контроль;

ПБ – промышленная безопасность; ПН – продолжительность нагрузки;

ПВ – продолжительность включения.  $I_{и}$  – ток импульса;

$I_{п}$  – ток паузы;

$I_{ср}$  – средний ток;

$U_{разр}$  – напряжение при разрыве дуги;  $U_{п}$  – пороговое напряжение;

$U_{з}$  – заданное напряжение

## Оглавление

1	Обзорная часть .....	16
1.1	Двухслойные стали: область применения.....	16
1.2	Сварка двухслойных сталей .....	16
1.3	Технология сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали.....	17
2	Описание сварной конструкции трубопровода .....	20
2.1	Выбор материала для изготовления сварной конструкции .....	21
3	Разработка технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали .....	23
3.1	Выбор способа сварки.....	23
3.2	Выбор сварочных материалов .....	26
3.3	Расчет параметров режима сварки .....	30
3.3.1	Выбор формы подготовки свариваемых кромок .....	30
3.3.2	Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами..	31
3.3.3	Выбор диаметра электрода .....	32
3.3.4	Определение сварочного тока .....	32
3.3.5	Напряжение на дуге .....	33
3.3.6	Определение числа проходов .....	34
3.3.7	Скорость сварки .....	36
3.4	Выбор источника питания .....	36
	В ходе сравнения делаем вывод, что наиболее эффективно использовать аппарат .....	38
3.5	Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений .....	38
3.7	Сварочные операции .....	41
3.8	Контроль качества сварных соединений.....	42
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	44
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
4.2	Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.3	SWOT – анализ .....	46
4.4	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	48

4.5 Планирование исследования .....	48
4.5.1 Структура работ в рамках исследования .....	48
4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	49
4.5.3 Разработка графика проведения исследования .....	50
4.5.4 Расчет материальных затрат .....	54
4.5.5 Расчёт амортизационных отчислений .....	55
4.5.6 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	55
4.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	57
4.5.8 Накладные расходы .....	58
4.5.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	58
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	58
5 Социальная ответственность .....	62
5.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	62
5.2 Производственная безопасность .....	64
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	66
5.3 Экологическая безопасность .....	79
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	79
Заключение .....	81
Список использованных источников .....	82

## **Введение**

Целесообразность изготовления конструкций, состоящих из двухслойных сталей, определяется возможными областями их эффективного использования и типом сочетаемых в них сталей [1]. Такие конструкции широко применяются в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Непрерывный рост потребности в нефтепродуктах, значительное расширение их ассортимента и дальнейшее повышение требований к качеству этих продуктов вызвали необходимость усовершенствования действующих и создания новых, более эффективных процессов переработки нефти, в результате чего во многих случаях нефтеперерабатывающее оборудование приходится использовать в условиях низких и высоких температур. Кроме того, почти все нефти, поступающие на переработку, содержат вещества и соединения, вызывающие коррозию металлических изделий, которая снижает качество не только оборудования, но и получаемого продукта. В связи с этим возникает необходимость применения таких материалов, которые обладают стойкостью к коррозии. Такими материалами как раз и являются двухслойные стали, представляющие собой два листа из разнородной стали прокатанные в горячую. Слой контактирующий с агрессивной средой, является коррозионностойким.

Поэтому целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали.

## **1 Обзорная часть**

### **1.1 Двухслойные стали: область применения**

Двухслойные стали представляют собой два листа выполненные из разнородных сталей различной толщины прокатанные в горячую. Первый слой - основной конструкционный выполнен из углеродистых или низколегированных сталей (Ст3, 20К, 15ХМ и др.), имеющих толщину до 150 мм и более. Он и воспринимает основные силовые нагрузки. Второй слой – коррозионностойкий, находится непосредственно в контакте с агрессивной средой. Его толщина может достигать 12 мм. Его изготавливают из высоколегированных хромоникелевых аустенитных (12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и др.) и хромисто- ферритных и мартенситно-ферритных (08Х13, 12Х13 и др.) сталей.

Применение двухслойных сталей позволяет значительно (до 70% от веса изделия) снизить расход высоколегированной стали. В связи с этим такие конструкции находят все большее применение в условиях, вызывающих коррозию металла. Большое распространение такие конструкции получили в пищевой, химической, а также в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

### **1.2 Сварка двухслойных сталей**

Образования сварного соединения из двухслойных сталей обусловлены наличием в сварном соединении двух разнородных металлов с различными физическими и механическими свойствами. Именно поэтому сварку основного и коррозионностойкого слоев необходимо вести отдельно, разными материалами, для того чтобы уменьшить возможность перемешивания металлов.

Если при сварке основного слоя происходит одновременное плавление металла плакирующего слоя, то возможно существенное понижение пластичности сварного соединения, повышение его твердости и даже



образование трещин. Поэтому сварные соединения таких сталей должны отвечать некоторым требованиям [5]:

- облицовочный слой должен иметь однородную структуру, при этом его коррозионная стойкость в месте сварки не должна быть пониженной;

- в сварном шве между облицовочным и основным слоями не должны образовываться комплексные сплавы с пониженными механическими свойствами. Достигается это выбором способа сварки и его режимов, соответствующих сварочных материалов, разделки кромок и последовательности выполнения сварки.

Главную особенность представляет сварка перехода от коррозионного слоя к основному, так как разбавление этого слоя металлом основного слоя снижает его коррозионные свойства. Поэтому при сварке электроды с повышенным содержанием никеля и хрома, которые компенсируют разбавление металла шва основным металлом. Следует также применять технологические приемы, обеспечивающие уменьшение проплавления основного металла, такие, как сварка ленточным и сдвоенным электродом, сварка на спуск, углом вперед и др.

### **1.3 Технология сборки и сварки трубопроводов из двухслойной стали**

Трубы перед сборкой проверяют, а при необходимости проводят замеры геометрических параметров с целью установления их соответствия требованиям стандартов и технических условий. Если при этом обнаружатся дефекты или значительные геометрические отклонения от нормы, то должно быть принято решение о пригодности каждой отдельной трубы на основе установленных критериев.

Трубы, поступающие на производство, должны быть обеспечены торцевыми заглушками, которые исключают попадание в их полость грязи, снега и посторонних предметов.

Технологические схемы производства монтажных работ, а также оснастка, которая применяется при этом, должны максимально обеспечивать полную сохранность труб, не допуская их повреждений.

Трубы на производственной площадке должны раскладываться с использованием раскладочных лежек (деревянные брусья с выемкой по форме трубы), которые исключают прямой контакт между трубой и грунтом, с целью обеспечения сохранности поверхности трубы и изоляционного покрытия от воздействия случайно попавших под трубу твердых предметов. При выборе лежек учитываются такие параметры как: диаметр трубопровода, длина трубных элементов, грунтовые условия. Сборку труб (секций) в плети на трассе выполняют так, чтобы пристыковываемая труба, поддерживаемая в своей средней части трубоукладчиком, одним из концов вошла в надежный неподвижный контакт с торцом наращиваемой плети. Такое положение фиксируется внутренним центратором. Сама же плеть при сварке не должна подвергаться никаким подвижкам; выполнение такого условия достигается за счет применения инвентарных монтажных опор, которые полностью воспринимая вес плети, надежно фиксируют ее пространственное положение.

После сварки корневого слоя шва и, под свободный конец трубы (секции) устанавливают (подводят) очередную монтажную опору. Далее осуществляют сварку заполняющих и облицовочного слоев.

Для сварки конструкций из двухслойных сталей могут применяться любые способы механизированной и ручной сварки, обеспечивающие требуемые свойства металла шва и сварных соединений.

Методы и режимы сварки металла каждого слоя двухслойных сталей должны быть максимально приближены к аналогичным данным по сварке металла из тех же марок сталей.

Двухслойные стали сваривают вручную качественными электродами, автоматами и полуавтоматами под флюсом, в защитных газах, а также электрошлаковой сваркой.

Так, например, В.И. Щетина в своем изобретении говорит о способе односторонней дуговой сварке двухслойных сталей. Цель данного изобретения – исключение перемешивания облицовочного и коррозионностойкого материала с материалом основы. Сварку ведут в два прохода. Первым проходом сваривают материал основы, а вторым – коррозионностойкий слой. Для второго прохода используют U-образный ленточный электрод с радиусом скругления, равным половине ширины первого шва. Указанный радиус скругления позволяет вынести максимальное давления дуги за пределы первого шва и получить перекрывающий шов с плавными скруглениями к плакирующему материалу.

## 2 Описание сварной конструкции трубопровода

Трубопроводы, предназначены для перекачки нефтепродуктов.

По своему назначению трубопроводы можно разделить на следующие группы [1]:

- промысловые - соединяющие скважины с различными объектами и установками подготовки нефти на промыслах;
- магистральные - предназначенные для транспортировки товарной нефти и нефтепродуктов из районов их добычи или хранения до мест потребления. Они характеризуются высокой пропускной способностью, диаметром трубопровода от 219 до 1400 мм и избыточным давлением от 1,2 до 10 МПа;
- технологические - предназначенные для транспортировки в пределах промышленного предприятия или группы этих предприятий различных веществ, необходимых для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

Сварная конструкция представляет собой две трубы 1 и 2 представленных на рисунке 1.

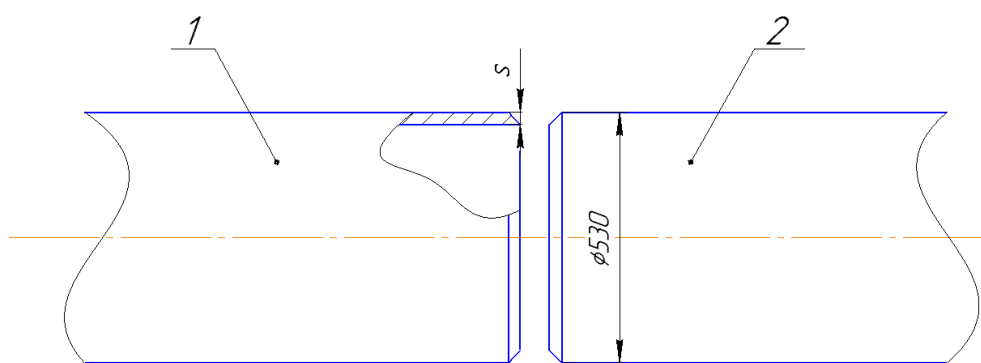


Рисунок 2 – Сварная конструкция

Основные элементы магистрального трубопровода - сваренные в непрерывную нитку трубы, представляющие собой собственно трубопровод.

## 2.1 Выбор материала для изготовления сварной конструкции

Рассматриваемые трубопроводы из двухслойных сталей эксплуатируются в условиях низких и высоких температур. Кроме того, они контактируют с материалами, которые содержат вещества и соединения, вызывающие коррозию металлических изделий. В этой работе я буду рассматривать трубопровод из двухслойной стали «09Г2С – 12Х18Н10Т» обладающую необходимыми свойствами.

Сталь 09Г2С конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Стабильность свойств позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до +450 С. Также легкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей. Применяя закалку и отпуск изготавливают качественную трубопроводную арматуру.

Таблица 1 - Химический состав в % материала 09Г2С

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
не более									
0,12	0.5-0.8	1.3-1.7	0.3	0.04	0.035	0.3	0.008	0.3	0.08

Сталь 12Х18Н10Т конструкционная криогенная. Получила наибольшее распространение в промышленности ввиду возможности успешного использования ее в разнообразных эксплуатационных условиях. Она имеет высокую коррозионную стойкость в ряде жидких сред, устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева, сравнительно мало охрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и

может быть применена в качестве жаропрочного материала при температурах ~600° С.

Таблица 2 - Химический состав в % материала 12Х18Н10Т

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
не более								
0,12	0.8	2	9-11	0.02	0.035	17-19	0.3	0.4-1

Чтобы сварить такую конструкцию, нужно разработать технологию по сварке и сборки данной рамы. Нужно учитывать химический состав у металла, а также нужно задать режимы и параметры сварки, подобрать нужные сварочные материалы и оборудование.

### **3 Разработка технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали**

#### **3.1 Выбор способа сварки**

Методы и режимы сварки металла основного и коррозионностойкого слоя должны быть максимально приближены к аналогичным данным по сварке отдельного металла из тех же марок сталей.

Поэтому рассмотрим сварку каждого слоя отдельно.

Коррозионностойкий слой (сталь 12Х18Н10Т) имеет толщину 2 мм.

Главное, что нам необходимо знать — нержавеющая сталь крайне склонна к образованию межкристаллической коррозии. И несмотря на то, что общая устойчивость к образованию коррозии достаточно высока. Но есть одна хорошая новость. Межкристаллическая коррозия образовывается только в случае прокали металла в печи. Достаточно температуры в 500 градусов, чтобы структура нержавеющей стали изменилась и повысилась вероятность коррозии. Производители это прекрасно понимают, и поэтому добавляют к нержавеющей стали легирующие элементы. В случае с нашей маркой 12х18н10т это титан. Об этом свидетельствует буква «Т» в конце маркировки.

Как известно для сварки конструкций из двухслойных сталей могут применяться любые способы механизированной и ручной сварки, применяемые обеспечивающие требуемые свойства металла шва и сварных соединений.

Рассмотрим два способа сварки: сварку в защитных газах плавящимся электродом и ручную дуговую сварку плавящимся электродом.

##### Рассмотрим сварку в среде защитных газов.

К основным преимуществам сварки в среде защитных газов относятся:

- отсутствие необходимости применения флюсов или обмазок;
- высокая степень концентрации источника тепла, позволяющая значительно сократить зону структурных превращений и уменьшить коробление изделия

- минимальное взаимодействие металла шва с кислородом и азотом воздуха;

- возможность наблюдения за открытой дугой;

- широкие возможности механизации и автоматизации.

В качестве защитных используют инертные (аргон, гелий), а также смеси инертных или активных газов.

Сварка в защитных газах используется для сварки материалов различной толщины - от десятых долей до десятков миллиметров. Применение защитных газов с различными свойствами и их смесей изменяет тепловую эффективность дуги и условия ввода тепла в свариваемые кромки и расширяет технологические возможности процесса сварки. При сварке в инертных газах повышается устойчивость дуги и снижается угар легирующих элементов, что важно при сварке высоколегированных сталей. Заданный химический состав металла шва можно получить путем изменения состава присадочной проволоки и доли участия основного металла в образовании шва, когда составы основного и электродного металлов значительно различаются, или путем изменения характера металлургических взаимодействий за счет значительного изменения состава защитной атмосферы при сварке плавящимся электродом. Сварка в среде защитных газов обеспечивает формирование швов в различных пространственных положениях, что позволяет применять этот способ вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

При сварке в среде защитных газов плавящимся электродом шов образуется за счет проплавления основного металла и плавления электродной проволоки. Размеры и форма шва зависят при этом не только от мощности дуги, но также и от процесса плавления проволоки, от переноса металла через дуговой промежуток и от взаимодействия газового потока и частиц метал и пересекающих дуговой промежуток, с расплавленным металлом.

Критический ток для проволоки марки 12Х18Н10Т разных диаметров при горении дуги в среде аргона имеет значения, указанные в таблице 3.



Таблица 3 - Зависимость критического тока от диаметра электрода для стали 12X18H10T

Диаметр электрода	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0
Критический ток	190	240	280	320	350

Теперь рассмотрим ручную дуговую сварку плавящимся электродом.

Наиболее известная дуговая сварка при изготовлении и сваривании металлических сварных конструкций – это сварка покрытыми электродами. Объясняется это несколькими причинами. Популярность ручной сварки заключается в мобильности и простоте техники сваривания, используемыми аппаратами и оборудованием, а также возможностью сваривания в любом пространственном положении, что делает ее незаменимой в строительстве газопроводов и других трубопроводов, а также сварке в труднодоступных местах[6].

Но у этой технологии есть и недостатки: в первую очередь, низкая производительность. Это связано не только с отсутствием автоматизации и механизации, но и с высокими потерями электродного материала в результате разбрызгивания. Если говорить о мобильности и невозможности использовать другие виды сварки в условиях монтажа трубопровода, то ручная дуговая сварка является отличным решением проблемы.

Однако стоит заметить, что при сварке в положениях отличных от нижнего, под действием силы тяжести, сварочная ванна стекает, тем самым ухудшая формирование сварочного шва. В этом случае конечный результат, а именно качественный шов, будет напрямую зависеть от профессионализма сварщика. Кроме того, сложно переоценить роль корневого шва при сварке трубопровода, который определяет прочность всей конструкции.

Немаловажным является и то, что переизбыток тепловых вложений в сварочный шов сказывается на структуре шва, вызывая рост кристаллов.

Кроме этого, большое тепловложение в изделие способствуют большим сварочным деформациям и остаточным напряжениям. Данное обстоятельство будет немаловажным при строительстве трубопровода с высоким давлением.

Если же технологией предусмотрен высокий сварочный ток то, чтобы вовремя предупредить протекание металла во внутрь трубы, сварку производят на минимальных зазорах от 1 до 2 мм при толщине стенки труб от 5 до 25 мм. А также первый слой необходимо наваривать так, чтобы в итоге получить несколько вогнутую поверхность шва. Это в свою очередь обеспечивает качественный провар корня и более лучшее формирование последующих слоев.

Так как сварка трубопровода может проходить в полевых условиях, то целесообразно использовать ручную дуговую сварку плавящимся электродом в связи со своей простотой и мобильностью.

### **3.2 Выбор сварочных материалов**

Для данного способа сварки сварочными материалами являются покрытые электроды. Эти электроды должны обеспечивать:

- 1) устойчивое горение дуги и хорошее формирование шва;
- 2) получение необходимого химического состава металла шва;
- 3) равномерное расплавление электрода (стержня и покрытия), а также минимальное разбрызгивание;
- 4) максимально производительность;
- 5) простоту удаления шлаковой корки и прочность нанесенного покрытия;
- 6) сохранение физико-химических и технологических свойств в течении заданного промежутка времени;
- 7) минимальную токсичность при сварке.

Данные параметры, учитываются при выборе конкретной марки электрода, в значительной степени определяющие вид покрытия. Покрытие может быть нескольких типов: кислым, рутиловым, основным, целлюлозным

и смешанным. В данном случае будут использоваться электроды с основным типом покрытия.

*Электроды с основным типом покрытия.* В основу этого вида покрытия входят карбонаты и фтористые соединения. Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, по химическому составу имеет характеристики спокойной стали. Из-за низкого содержания газов, неметаллических включений и вредных примесей металл шва, который выполнен данными электродами, выделяется высокими показателями пластичности и ударной вязкости разных температурах, а также обладает стойкостью к образованию горячих трещин.

Данные электроды с основным покрытием уступают другим видам электродов. Они чувствительны к образованию пор при наличии окалины, ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также при влажном покрытии и удлинении дуги. Сварка электродами с основным видом покрытия, производится постоянным током обратной полярности. Перед сваркой электроды необходимо прокалывать при высоких температурах.

В данной работе рассматривается сварка двухслойной стали, следовательно, нужно подобрать две марки электродов для сварки двух видов стали: высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т и низколегированной стали 09Г2С.

В стандарте ГОСТ 10052-75 говорится о 49 типах электродов для сварки коррозионностойких, жаростойких высоколегированных сталей

При сварке высоколегированных сталей электроды одной марки по ГОСТу имеют достаточно широкий диапазон химического состава. Типы сварных соединений, пространственные положения при сварке и т.п. способствуют изменению глубины проплавления основного металла, а также изменяют химический состав металла шва. Все это заставляет изменять состав покрытия с целью получения необходимого количества в шве феррита и предупреждения образования в шве горячих трещин. Тем же достигаются необходимая жаропрочность и коррозионная стойкость швов.

Для ручной дуговой сварки стали 12Х18Н10Т будем рассматривать электроды следующих марок: ОЗЛ-8 и ЗИО-8.

В стандарте ГОСТ 9467-75 говорится о 9 типах электродов для сварки углеродистых, низколегированных конструкционных сталей. При выборе покрытых электродов опираются на прочность основного металла.

Для ручной дуговой сварки стали 09Г2С я буду рассматривать электрод следующей марки: УОНИ 13/55.

***Химический состав и механические свойства следующих марок электродов.***

Для сварки стали 12Х18Н10Т:

1) ОЗЛ- 8

Таблица 4 - Типичные механические свойства металла шва.

Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость $a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>
600	350	33	100

Таблица 5 - Типичный химический состав наплавленного металла, %.

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,10	1,8	1,2	21,5	8,8	0,020	0,030

***Характеристика электродов:***

Покрытие сварочных электродов – основное.

Коэффициент наплавки электродами ОЗЛ-8 – 13,0 г/А·ч.

Производительность наплавки электродами (для диаметра 4,0 мм) – 1,6 кг/ч.

Расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,6 кг.

Таблица 6 - Параметры режима сварки.

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50 -70

## 2) ЗИО – 8

Таблица 7 - Типичные механические свойства металла шва.

Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость $a_K$ , Дж/см <sup>2</sup>
600	400	35	120

Таблица 8 - Типичный химический состав наплавленного металла, %.

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,07	1,9	0,55	23,9	12,6	0,015	0,020

### *Характеристика электродов:*

Покрытие электрода – основное.

Коэффициент наплавки электрода – 11,5 г/А·ч.

Производительность наплавки данных электродов (для диаметра 4,0 мм) – 1,5 кг/ч.

Расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,6 кг.

Таблица 9 - Параметры режима сварки.

Диаметр, мм	Ток, А
-------------	--------

3,0	50 -80
-----	--------

Для сварки стали 09Г2С:

1) УОНИ 13/55

Таблица 10 - Типичные механические свойства металла шва.

Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа	Предел текучести $\sigma_t$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость $a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>
540	410	29	260

Таблица 11 - Типичный химический состав наплавленного металла, %.

С	Мn	Si	S	P
0,09	1,05	0,42	0,022	0,024

***Характеристика электродов:***

Покрытие марки электродов сварочных УОНИ 13/55 – основное.

Коэффициент наплавки УОНИ 13/55 – 9,5 г/А·ч.

Производительность наплавки электродов (для диаметра 4,0 мм) – 1,4 кг/ч.

Расход электродов УОНИ 13/55 на 1 кг наплавленного металла – 1,7 кг.

Таблица 12 – Параметры режима сварки.

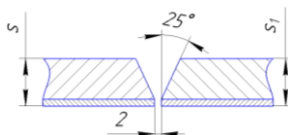
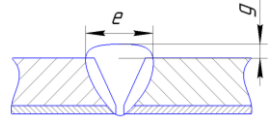
Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50 -80

### **3.3 Расчет параметров режима сварки**

#### **3.3.1 Выбор формы подготовки свариваемых кромок**

Для ручной дуговой сварки в соответствии с ГОСТ 16037-80 характерны следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 13.

Таблица 13 - ГОСТ 16037-80 Сварные соединения стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$S=S_1$	e	g
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			
C17			14	19	0,5

### 3.3.2 Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Режимом дуговой сварки покрытыми электродами является совокупность всех характеристик сварочного процесса, которые обеспечивают получение сварных швов характерных размеров, формы, и качества.

Параметрами режима при ручной дуговой сварке покрытыми электродами являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Поскольку конкретную марку электрода выбирают исходя из свойств основного металла, то такие параметры режима сварки, как род тока, полярность, коэффициент наплавки, находят по справочным или паспортным данным покрытых электродов.

Определение и расчет остальных параметров режима сварки обычно начинают с выбора диаметра электрода, так как он в значительной мере определяет другие параметры.

### **3.3.3 Выбор диаметра электрода**

Так как толщина стенки трубопровода равна 14 мм, то шов будет многопроходной.

При многопроходных швах все проходы сварного соединения стремятся выполнить при одних и тех же параметрах режима сварки. Исключением из этого являются первый и последний проход. При сварке многослойных и многопроходных швов первый проход (корень шва) выполняется электродами диаметром 3,0 мм, так как применение электродов большого диаметра затрудняет провар и формирование корня шва. При выполнении заполнения назначают практически максимальный сварочный ток для выбранного пространственного положения, чтобы обеспечить максимальную производительность сварочных работ.

Для сварки корневого шва, заполняющих и облицовочных слоев будут использовать диаметр электрода 3 мм.

### **3.3.4 Определение сварочного тока**

Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке покрытыми электродами рассчитывается по диаметру электрода и допускаемой плотности тока:

Таблица 14 - Допустимая плотность тока (А/мм<sup>2</sup>), при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

Вид покрытия	Диаметр стержня электрода, мм
--------------	-------------------------------



	<u>3,0</u>	4,0	5,0	6,0
Основное	<u>13...18,5</u>	10...14,5	9...12,5	8,5...12,0

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j, \quad (1)$$

где  $d_s$  – диаметр электродного стержня, мм;

$j$  – допускаемая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Подставив значения получим

$I_{\text{св}} = 90 \dots 130 \text{ А}$  (для сварки в нижнем положении).

При сварке в положениях, отличных от нижнего, с целью улучшения формирования шва, сварочный ток уменьшают по сравнению с расчетным на 10–20 %. Причем для сварки в потолочном положении применяют коэффициент от 0,9 до 0,95; для соединений, выполненных в вертикальном и горизонтальном положении используют коэффициент от 0,8 до 0,9. В любом случае сварочный ток по-возможности должен быть максимальным для обеспечения высокой производительности.

В связи с этим получаем:

$I_{\text{св}} = 80 \dots 110 \text{ А}$  (при сварке в потолочном положении),

$I_{\text{св}} = 72 \dots 104 \text{ А}$  (при сварке в вертикальном положении).

Полученное значение сварочного тока не должно выходить за пределы оптимальных рекомендуемых значений тока для выбранной марки и диаметра электрода, для каждого выбранного пространственного положения, что указывается в сертификате на данные электроды.

### 3.3.5 Напряжение на дуге

Напряжение дуги при ручной дуговой сварке может изменяться в пределах 20...36 В и в технологической документации не регламентируется, так как оно зависит от типа электродного покрытия, марки электрода, от длины дуги при прочих равных условиях. Ориентировочно длина дуги должна быть в пределах 0,5–1,5 от диаметра электрода [3].

### 3.3.6 Определение числа проходов

В процессе определения числа проходов следует иметь в виду то, что:

а) сечение первого прохода не должно превышать 25–30 мм<sup>2</sup>, а последующих 30–35 мм<sup>2</sup>;

б) при сварке угловых и тавровых соединений за один проход выполняются швы, катет которых не превышает 8–9 мм.

При необходимости выполнения шва с большим катетом применяется сварка за два и более проходов. Данные ограничения вводятся для нормального и стабильного процесса, хорошего формирования шва и протекания при сварке в полном объеме всех реакций металлургического характера.

При слишком большом слое наплавленного металла (сечение шва более 40 мм<sup>2</sup>), жидкий металл натекает на опорное пятно дуги, ухудшая условия передачи тепла основному металлу. В результате этого эффективность плавления металла снижается, что вызывает непровары и неудовлетворительное формирование шва.

При выполнении швов стыкового соединения площадь поперечного сечения металла шва, наплавленного за один проход, при обеспечении оптимально допустимых условий формирования, должна составлять не более:

- для первого прохода (корень шва), мм<sup>2</sup>

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_э \quad (2)$$

- для следующих проходов,  $\text{мм}^2$

$$F_n = (8 \dots 12) \cdot d_3 \quad (3)$$

Подставив значения получим:

$$F_1 = 18 \dots 24 \text{ мм}^2,$$

$$F_n = 24 \dots 36 \text{ мм}^2.$$

Для того, чтобы определить число проходов при сварке швов стыкового соединения с разделкой кромок, необходимо рассчитать суммарную площадь поперечного сечения наплавленного металла. Размеры сварного шва уточняются по стандартам и берутся номинальные значения. При определении площади поперечного сечения шва наплавленный металл разбивают на более простые геометрические фигуры (Рисунок 2) и находят суммарную площадь.

$$F_n = h^2 \cdot \text{tg}\alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e \quad (4)$$

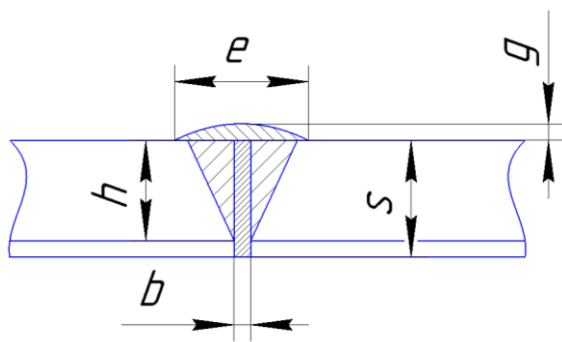


Рисунок 2 – Размеры и номинальные значения сварного шва

Подставив известные значения в формулу 4 получим следующее:

$$F_n = 169,4 \text{ мм}^2.$$

Зная суммарную площадь и площадь поперечного сечения наплавленного металла при первом и каждом следующем проходах (2) и (3), рассчитываем необходимое число проходов для того чтобы обеспечить необходимую геометрии шва.

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_n} + 1 \quad (5)$$

Подставив значения получим число проходов  $n = 6$ .

### 3.3.7 Скорость сварки

Скорость ручной дуговой сварки покрытыми электродами задается и контролируется по необходимым размерам получаемого сварного шва и может быть определена по следующей формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки электрода, г/А·ч;

$F_{\text{н}}$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за проход, г/см<sup>3</sup>.

Для электродов ОЗЛ-8:

$\alpha_{\text{н}} = 13$  г/А·ч;

$I_{\text{св.ср}} = 90$  А.

Для электродов УОНИ 13/55:

$\alpha_{\text{н}} = 9,5$  г/А·ч;

$I_{\text{св.ср}} = 110$  А.

Отсюда выходит, что:

$V_{\text{св}} = 0,2$  см/с – для корневого шва,

$V_{\text{св}} = 0,137$  см/с – для заполняющих слоев,

$V_{\text{св}} = 0,122$  см/с – для облицовочного слоя.

При ручной дуговой сварке в технологической карте не указывается скорость перемещения электрода. Рабочий производит сварку с такой скоростью, чтобы получить заданные геометрические параметры сварного шва.

В проделанных расчётах были определены параметры режима для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которые обеспечат необходимое формирование геометрии сварного шва согласно ГОСТ 16037-80.

### 3.4 Выбор источника питания

Сварочные выпрямители имеют значительные преимущества над электромагнитными преобразователями, такими как: высокие сварочные качества, за счет более стабильного горения дуги и уменьшенного разбрызгивания металла; высокий коэффициент полезного действия и меньшие потери холостого хода, широкими пределами регулирования тока и габаритами.

Рассмотрим следующие источники питания, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Сравнение технических характеристик сварочных выпрямителей для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Параметры	Foxweld ВД-250И	Ресанта САИ 250 проф
Номинальный сварочный ток, А	250	250
Номинальное рабочее напряжение, В	32	28
Напряжение холостого хода, В	70	65
Номинальный режим работы, %	100	70
Пределы регулирования сварочного тока, А	30-250	10-250
КПД, %, не менее	85	72
Габаритные размеры, мм	436x228x338	165 × 300 × 430
Масса, кг, не более	14	9

В ходе сравнения делаем вывод, что наиболее эффективно использовать аппарат Foxweld ВД-250И, так как он имеет более высокие сварочными характеристики, более стабильное горение дуги и меньшее разбрызгивание металла, а также более высоким коэффициентом полезного действия чем у аппарата Ресанта САИ 250 Проф. Также он отличается более стабильным холостым ходом и небольшими габаритами. Также хотелось бы отметить что оба аппарата имеют функции: антиприлипание, горячий старт и форсаж дуги, что также влияет на качество выполненных швов.

### **3.5 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений**

В процессе сварки возможно появление деформаций, которые могут быть двух видов, остаточные (после окончания сварки и остывании самой конструкции) и временные (возникающие во время процесса сварки конструкции). На практике сварочные остаточные деформации имеют большое значение. Существуют два типа деформации – это деформация из плоскости и деформация в плоскость соединяемых элементов, различающиеся в зависимости от формы и характера размеров данных свариваемых деталей. Характер и величина сварочных остаточных деформаций в определенной степени определяются режимом сварки, свойствами металла и толщиной, последовательностью наложений швов, формой шва и конструктивными геометрическими формами деталей свариваемых. В некоторых случаях изменения форм и размеров сварной конструкции снижают работоспособность и вызывают изменения внешнего вида, который относится к порче сварной конструкции. К неисправному браку может произойти в том случае, когда значения остаточной сварочной деформации достигнут заметной величины. Чтобы не случилось брака, рекомендуются использовать надежные технологии сборки, разработки и сварки конструкции, то необходимо учесть в стали снижение остаточной сварочной деформации до такой величины, которые не влияют на работоспособность, на внешний вид конструкции и компактность

сварки отдельных элементов. Если создать дополнительные условия в околосшовной зоне или в шве, а именно пластические деформации, то сварочные напряжения ликвидируются почти полностью, благодаря достижением проковки швов. Сам процесс проковки делают во время процесса остывания самого металла при температурах от 150 °С и ниже, либо свыше 450 °С. В пределах температур от 200-400 °С может образоваться надрывы, вследствие из – за пониженной пластичностью. Процесс нанесение ударов выполняются вручную, а инструмент является молоток с массой 0,6-1,2 кг, который имеет закругленное бойко, либо можно использовать пневматический молоток с небольшими усилиями. Кроме первого слоя, в котором возможно возникновение трещин, проковку выполняют каждый слой. Для снятия замыкающих швов и напряжений, которые появляются при сварке, применяют данный прием. Достоинства проковки сварного соединения конструкции является повышение усталостной прочности.

Для уменьшения внутренних напряжений, также применяют соответствующий порядок наложения швов, сварку незакрепленных элементов и др. При сварке сталей больших толщин применяют иногда предварительный подогрев [3].

### **3.6 Сборочные операции**

При сборке и стыковке двух трубных секций обычно используют траверсы.

Диаметр и толщина стенки трубы, длина, масса секций являются основными параметрами траверсы.

Траверсы представляют собой конструкции со стропами, которые подвешиваются посредством укрепленных по концам балок блоков. Эти приспособления создают равномерное натяжение стропов, а также передачу нагрузки к точкам захвата.

Сборку под сварку труб диаметром 530 мм и более рекомендуется осуществлять с помощью внутренних центраторов.

Центратор - это агрегат, используемый для центрирования торцов труб. Он необходим для облегчения процесса сборки поворотных и неповоротных стыков перед их сваркой на трассе при строительстве магистральных трубопроводов. За счет высокой прочности конструкции достигается высокая эффективность даже во время продолжительного процесса сварки с применением разных механизмов, агрегатов и аппаратов. Внутренний центров для труб обеспечивает не только максимальную точность сборки сварных швов разных труб с диаметром от 530 до 1620 мм, но также может исправить деформацию и неровность торцов, если поворачивает его конструкция и сила гидравлики.

Центраторы бывают наружными и внутренними и отличаются они друг от друга способом монтажа. Наружный тип устанавливаются с внешней стороны труб, внутренний - внутри труб. Внешние центраторы более просты и делятся на машины с гидродомкратом и эксцентриковые. При использовании центраторов значительно улучшается качество сварного шва и возрастает скорость сварки. Что немаловажно при строительстве трубопроводов.

Рекомендуемые величины зазоров в стыках при сборке приведены в таблица 16.

Таблица 16 - Рекомендуемая величина зазора между кромок труб

Способ сварки, тип электрода	Диаметр электрода, мм	Величина зазора при толщине стенки трубы, мм
		10 (и более)
Ручная дуговая сварка электродами с основным покрытием	2,5-3,25	3,0-3,5



При сборке труб на центраторах собранные стыки должны быть прихвачены сваркой равномерно по периметру. Количество и размеры прихваток в зависимости от диаметра трубы приведены в таблица 17.

Качество прихваток должно удовлетворять тем же требованиям, что и качества основного сварного шва.

Таблица 17 - Количество и размеры прихваток

Диаметр трубы, мм	Ориентировочное количество прихваток (не менее)	Длина прихваток, мм (не менее)
530	4	60

После выполнения прихваток их следует зачищать. Начальный и конечный участки каждой из них следует обработать шлифовальным кругом.

### 3.7 Сварочные операции

Сварку стыкового соединения трубопровода следует начинать сразу после сборки. Так как ручная дуговая сварка выполняется за несколько проходов, шов следует разделять на участки расчетом, чтобы «замки» швов в соседних слоях не совпадали, поэтому они должны быть смещены один относительно другого, и каждый последующий участок должен перекрывать предыдущий. Размер смещения и перекрытия при использовании ручной дуговой сварки должен быть не менее 10...20 мм.

Неповоротные стыки в вертикальном положении производят в направлении снизу-вверх. Сварку начинают в потолочной части стыка, отступив на 10...20 мм от самой нижней точки. Порядок выполнения неповоротного стыка труб показан на рисунке 3.

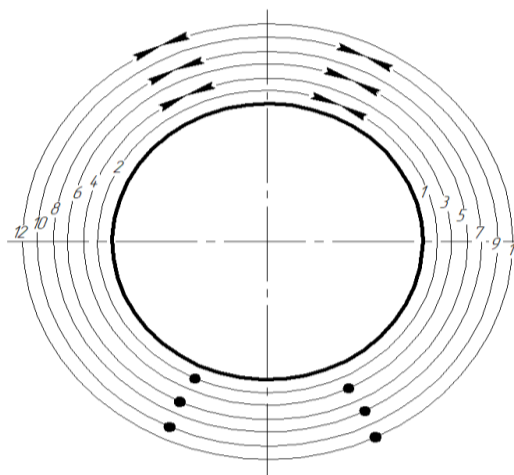


Рисунок 3 – Порядок наложения слоев шва при ручной дуговой сварке: 1-12 – последовательность наложения участков

Сборка и сварка проводилась в соответствии с комплектом технологической документации ФЮРА.02190.140.

### 3.8 Контроль качества сварных соединений

Визуальному контролю производится по всем законченным сварным соединениям, на которые распространяется РД 153-006-02.

Перед визуальным контролем на сварных швах и поверхности основного металла шириной 20 мм, которая прилегает к сварному (по обе стороны шва) не должно быть шлака, брызг металла, окалины и любых других загрязнений.

Визуальный контроль проводится невооруженным глазом или с 4–7 кратным увеличением при помощи лупы, для участков, требующих уточнения параметров обнаруженных дефектов. При необходимости для этого применяется переносное искусственное освещение. Недопустимые дефекты, указанные в пункте 6.3 РД 153-006-02, выявленные при визуальном контроле сварного соединения, являются:

- трещины всех направлений и видов;
- непровары между основным металлом и металлом шва, а также между валиками;
- брызги наплавленного металла и наплывы;

- кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- включения пор.

Дефекты, которые были выявлены при визуальном и измерительном контроле, могут быть удалены без последующего ремонта.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, не прямолинейность осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др) выполняются в местах, где допустимые показатели вызывают сомнения при визуальном контроле. Форма и параметры шва проверяются с помощью универсальных шаблонов, а размеры дефекта с помощью измерительных инструментов.

Контроль производится сварщиком после окончания зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены дефекты превышающие нормы, и дефекты, которые свидетельствуют о нарушении режима сварки или о не качественности сварочных материалов. При обнаружении не допускаемых дефектов вопрос о продлении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [3].

Для того чтобы обнаружить возможные внутренние дефекты, сварные соединения подлежат ультразвуковому или радиографическому контролю. Радиографический контроль проводят согласно требованиям ГОСТ 7512-82 и СНиП 2.05.06-85.

Радиографический и ультразвуковой контроль кольцевых сварных соединений, проводится по всему периметру стыка. Ультразвуковому контролю подвергаются лишь соединения с полным проплавлением.

При выборочном контроле отбор соединений для контроля проводится отделом технического контроля.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимой разработки. Настоящая работа проводится на предприятии ООО «Сургутнефтегаз» расположенное в г. Сургут и предполагает исследование эффективности способа решения поставленной инженерной задачи, а именно – разработка технологического процесса сварки магистральных трубопроводов, изготовленных из двухслойных сталей. Оценка перспективности, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали», выполняется в рамках исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будет являться сама организация.

Суть работы заключается в определении оптимального способа и режимов сварки для сборки стыка магистрального трубопровода.

Сегментирование рынка представлено в таблице 18.

Таблица 18 – Сегментирование рынка

	Показатели		
	Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Качество шва	3	2	1
Производительность	2,3	2	1

Возможность	3	2	1,2
-------------	---	---	-----

где 1 – ручная дуговая сварка;

2 – механизированная сварка плавящимся электродом;

3 – сварка под флюсом.

По данным результата сегментирования можно сделать вывод, что уровень конкуренции низок. Ручная дуговая сварка – хороший способ сварки, благодаря которому можно получать качественные сварные швы для труб из двухслойной стали.

## 4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения помогает провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для этого составлена оценочная карта, приведенная в таблице 19.

Таблица 19 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Качество детали	0,208	5	5	4	1,04	1,04	0,832
2.Точность детали	0,208	4	5	3	0,832	1,04	0,624
3.Сложность процесса	0,125	2	3	4	0,25	0,375	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Цена оборудования	0,166	2	2	4	0,332	0,332	0,664
2.Обслуживание процесса	0,125	3	3	4	0,375	0,375	0,5
3.Квалификация рабочих	0,166	4	3	5	0,664	0,498	0,83

Итого	1	20	21	26	3,5	3,48	2,75
-------	---	----	----	----	-----	------	------

где  $B_{\phi}$  – ручная дуговая сварка;

$B_{\kappa 1}$  – механизированная сварка плавящимся электродом;

$B_{\kappa 2}$  – сварка под флюсом.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (7)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 3,5 в то время как двух других аналогов 3,48 и 2,75 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как качество и точность детали. Итогом данного анализа является то, что метод, предложенный в нашей научно-исследовательской работе эффективнее методов конкурентов.

#### 4.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Преимущества SWOT анализа заключаются в том, что он позволяет достаточно просто, в правильном разрезе взглянуть на положение компании, товара или услуги в отрасли, и поэтому является наиболее популярным инструментом в управлении рисками и принятии управленческих решений.

Таблица 20 – Матрица SWOT

<b>Внешние факторы</b>	<b>Внутренние факторы</b>		
		<b>Сильные стороны проекта:</b> 1. Простота оборудования 2. Экономичность 3. Возможность сварки различных металлов 4. Возможность автоматизации 5. Качество изготавливаемых деталей 6. Возможность усовершенствования оборудования	<b>Слабые стороны проекта:</b> 1. Требуется высокая квалификация рабочего 2. Повышенный вред здоровью 3. Единичное производство оборудования для сварки 4. Высокие требования к технологиям сварки 5. Обслуживание оборудования
	<b>Возможности:</b> 1. Возможность перехода в массовое производство 2. Возможность финансирования государством	Возможность перехода в производство и мультизадачность; Нормирование и совершенствование оборудования	Необходимость в профессиональном отборе; Создание условий труда; Чем дороже оборудование и его обслуживание, тем качественнее деталь
	<b>Угрозы:</b> 1. Отсутствие спроса из-за особенностей метода 2. Отсутствие запасных деталей на рынке 3. Чем сложнее конструкция – тем сложнее приобрести расходники	Для достижения экономичности и технологичности процесса, а также высокого качества детали необходимо наладить связь со специалистами по оборудованию либо нанять своих специалистов.	Высокие риски. Очень дорогостоящее оборудование и его обслуживание. Необходимо открывать предприятие в экономических центрах – т.к. новые технологии сложно внедрить пока существующие традиционные.

На основании SWOT- анализа нужно как можно более эффективней использовать сильные стороны данного проекта: широкая область применения и возможность изготовления в полевых условиях. Проблему кадров можно решить при помощи выпускников ТПУ. От экономических и политических изменений не застраховано практически ни одно предприятие.

#### 4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 21 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

	1	2	3
А. Диаметр электрода, мм	3	3	3
Б. Марка электрода	Э-46	Э-46	Э-46
В. Тип покрытия	Основное	Рутиловое	Основное
Г. Количество сварщиков на проход	1	1	2
Д. Подогрев	-	+	-

В таблице 21 приведены возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А1Б1В2Г2Д3 – В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.
- 2) А2Б2В2Г2Д3 – Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал.
- 3) А3Б3В1Г1Д1 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

#### 4.5 Планирование исследования

##### 4.5.1 Структура работ в рамках исследования

Таблица 22 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Номер	Наименование	Продолжительность (дни)	Ресурсы
1	Изучение способов сварки	3	2 инженера-лаборанта



2	Подбор всех подходящих способов сварки	2	2 инженера-лаборанта
3	Выбор способов сварки	2	Первый инженер-лаборант
4	Выбор наилучшего варианта для сварки	2	Второй инженер-лаборант
5	Выбор оборудования (из имеющегося, покупного)	3	2 инженера-лаборанта
6	Корректирование	2	Инженер-электрик
7	Поиск паспортов технического оборудования (для составления электрических схем)	5	Инженер-электрик
8	Объединение схем в один общий чертеж	1	Инженер-электрик
9	Подключение к блоку управления	2	Программист
10	Расчетный выбор параметров сварки	2	Конструкторский отдел
11	Подбор оптимальных параметров	1	Конструкторский отдел
12	Разработка промышленной карты	3	Технологический отдел
13	Разработка тех. процесса	3	Технологический отдел
14	Контроль качества	1 день на 5 дет.	инженер-лаборант

#### 4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мин i} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (8)$$

где  $t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{мин i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макс i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

На основании сложности работы, показанной в таблице 22, продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , определяется с учётом параллельной работы, выполняемой несколькими исполнителями. Такой расчёт

необходим для обоснованного расчёта заработной платы, поскольку доля заработной платы в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (9)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.5.3 Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (10)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (11)$$

где  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 8).

После заполнения таблицы 6 строим календарный план-график (таблица 23).

График составлен для максимальной продолжительности работы в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) на период выполнения ВКР. В этом случае работа на графике отличается разной штриховкой в зависимости от исполнителей (таблица 24.

Таблица 23 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{\min}$ , чел-дни			$t_{\max}$ , чел-дни			$t_{ожі}$ , чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.- Инженер	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер -рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Инженер	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер -рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер -рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер	3	3	3	4	4	4

Таблица 24 – Календарный план-график проведения ВКР по теме



#### 4.5.4 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (12)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов (таблица 25).

Таблица 25 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Электроды	кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63
Круг шлиф.	лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого								1980	1865	1805

#### 4.5.5 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 4 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 45000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (14)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 45000 \times 0,33 = 14850 \text{ рублей} \quad (15)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{14850}{12} = 1\,237,5 \text{ рублей} \quad (16)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1237,5 \times 4 = 4950 \text{ рублей} \quad (17)$$

#### 4.5.6 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на одного тарифу (окладам), тыс. руб.	Всего заработная плата по
				чел.-дн., тыс. руб.	

			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6	8	8	8	8
2	Анализ актуальности темы	Инженер-рук.	1	1	1	4,4	5	5	5	5
3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер-рук.	1	1	1	4,4	5	5	5	5
4	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6	4	8	8	8
5	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6	8	8	8	8
6	Изучение литературы по теме	Инженер	10	10	10	0,8	8,9	8,9	8,9	8,9
7	Подбор нормативных документов	Инженер-рук.	3	4	4	4,4	14,8	19,7	19,7	19,7
8	Изучение установки	Инженер	4	6	6	0,8	3,6	5,4	5,4	5,4
9	Модернизация установки	Инженер	2	3	4	0,8	1,8	2,7	3,6	3,6
10	Анализ результатов	Инженер-рук.	2	2	2	4,4	9,8	9,8	9,8	9,8
11	Вывод по цели	Инженер	3	3	3	0,8	2,7	2,7	2,7	2,7
Итого:								71,6	83,2	84,1

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 26.

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (18)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).



Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 50400 рублей, а студента 31000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (19)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 48384 рублей, студента – 28000 рублей.

#### 4.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (20)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) .

На 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 23.04.2018 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Расчёт отчислений во внебюджетные фонды приведён в таблице 27.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	43200	50400	50400	5184	6048	6048
Инженер	25000	30000	31000	3000	3600	3720
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	23068 руб.					
Исполнение 2	27194 руб.					

Исполнение 3	27532 руб.
--------------	------------

#### 4.5.8 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (21)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$З_{накл} = 99752 \cdot 0,16 = 15960,32 \text{ руб.}$$

#### 4.5.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты	1980	1865	1805
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	68200	80400	81400
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8184	9648	9768
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23068	27194	27532
5. Накладные расходы	15960,32	18740,16	18960
6. Затраты на амортизацию	4950	4950	4950
7. Бюджет затрат	122342,3	137847,2	14415

#### 4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{122342,3}{144415} = 0,84; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{137847,2}{144415} = 0,99;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{144415}{144415} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (23)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, \quad b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 29).

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. ПГ, СГ, ЗГ	0,15	4	4	4
4. Модернизация способа сварки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (24)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,84} = 5,35; I_{исп2} = \frac{3,15}{0,99} = 3,18; I_{исп3} = \frac{3,8}{1} = 3,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (25)$$

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

п/п	№ Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффектив-ности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,35	3,18	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,6	0,71

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что внедрение технологии в первом варианте является более эффективным решением данной задачи, поставленной в работе с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе реализации раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен предпроектный анализ, планирование научно-исследовательских работ, планирование бюджета НТИ и оценка сравнительной эффективности проекта.

На основе SWOT-анализа были показаны проблемы и возможности этой технологии. Данная НТИ характеризуется балансом сил и возможностей (получения высокоэффективного оборудования для сварки), а также слабых сторон и угроз (требование многих ресурсов), то есть разрабатываемая технология находится в довольно стабильных условиях. Для получения дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

При планировании НТИ была определена группа процессов планирования, которая состоит из процессов, выполняемых для определения общего содержания работы, определения целей и разработки последовательности действий, необходимых для достижения этих целей.

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов плановых затрат, необходимых для его реализации. Итоговая сумма бюджета составляет 122342,3 рублей.

## **5 Социальная ответственность**

В выпускной квалификационной работе проводятся исследования технологии сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали диаметром 530 мм с использованием ручной дуговой сварки плавящимся электродом, поэтому в работе проводится анализ вредных факторов, которые характерны именно для данной сферы деятельности.

В данном разделе выпускной квалификационной работы произведен анализ на аспекты социальной ответственности, которые необходимы в процессе использования разработанной технологии (экологические негативные последствия и ущерб здоровью человека и окружающей среде, чрезвычайные ситуация, правовые нормы и др.).

### **5.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Сварочные работы должны осуществляться по наряду-допуску на огневые работы. При работе должен быть произведен контроль воздушной среды на загазованность.

Применяемое сварочное оборудование, весь электроинструмент, средства освещения, индивидуальные средства защиты должны соответствовать требованиям правил эксплуатации.

К проведению сварочных работ допускаются лица, прошедшие аттестацию, проверку знаний по охране труда.

Перед началом сварочных работ необходимо проверить исправность сварочных кабелей и электрод держателей, а также контакт всех соединений.

Кабели, которые подключаются к сварочному аппарату, распределительным щитам и другому оборудованию, а также в местах сварочных работ, должны быть изолированы от действия высокой температуры, химических воздействий и механических повреждений.

На корпусе сварочного аппарата должен быть указан инвентарный номер, дата последующего измерения сопротивления изоляции и принадлежность к подразделению.

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без навеса над местом проведения работ и ветра со скоростью свыше 10м/сек.

Запрещается проведение сварочных работ в грозу.

При покидании места производства сварщик обязан отключить сварочный аппарат от сети.

При транспортировке газовых баллонов на них должны быть навернуты колпаки, помимо этого, на баллонах с горючими газами на боковом штуцере должны быть установлены заглушки.

Совместная транспортировка кислородных баллонов и баллонов с горючими газами не допускается. В исключительных случаях разрешается транспортировать не более 10 баллонов с кислородом и горючими газами (суммарно).

Баллоны должны подвергаться техническому освидетельствованию. На горловине баллона должна быть выбита дата следующего освидетельствования.

Расстояние от баллонов до источников открытого огня не должно быть менее 5м. Также они должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

Редукторы, которые используются для снижения давления, должны быть окрашены в тот же цвет, что и баллон. Пользоваться редукторами, имеющими неисправности – запрещается.

Замерзшие редукторы разрешается отогревать только горячей водой.

Для повышения давления в баллонах запрещается их подогревать.

Периметровое ограждение должно быть реализовано с использованием ограждений или чувствительного защитного оборудования в соответствии с НД.

## 5.2 Производственная безопасность

В данном пункте проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать на строительной площадке при проведении сварочных работ.

Для классификации потенциальных факторов используют ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 31 – ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	



1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	<p>Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88.</p> <p>Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.</p> <p>Нормы освещенности по СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1) для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК.</p> <p>Знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками).</p> <p>ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие</p>
2. Превышение уровня шума и вибрации		+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5. Повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки		+	+	
6. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение		+	+	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
8. Повышенная температура обрабатываемого материала, деталей, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл;		+	+	
9. Физические и нервно- психические перегрузки	+	+	+	

10. Падающие предметы (элементы оборудования) и инструмент	+	+	+	принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. СП 2.2.2.1327-03
11. Движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент	+	+	+	Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту СанПиН 2.2.4.3359-16
12. Пожароопасность	+	+	+	"Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" ПРИКАЗ от 12 апреля 2011 года N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (с изменениями на 6 февраля 2018 года)

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### Микроклимат

На рабочих местах наибольшее значение отводят на создание комфортных условий, которые зависят от микроклимата.

Оптимальные параметры микроклимата — такое сочетание

температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека.

По ГОСТ 12.1.005-88 установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ  $q_{\text{пдк}}$  (мг/м<sup>3</sup>) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяют на четыре класса. Сварочные работы относят к 1 классу опасности. Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером  $10^{-3}$ ...1мкм, около 1% – 1...5мкм, частицы размером более 5мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав загрязнений, которые выделяются при сварке, зависит от состава сварочных материалов и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. В состав сварочного аэрозоля входят соединения хрома, марганца, фториды и др.

Наиболее частыми профессиональными заболеваниями сварщиков являются:

- пылевой бронхит;
- пневмокониоз;
- бронхиальная астма;
- профессиональная экзема;
- нейротоксикоз (интоксикация марганцем).

Признаками отравления являются: головная боль, головокружение, слабость, тошнота, рвота, учащенное дыхание и др. Отравляющие вещества могут также откладываться в тканях организма человека и вызывать хронические заболевания.

Мероприятиями по борьбе с загрязнением воздуха являются внедрение новых марок покрытий электродов; вытяжная вентиляция; приток свежего воздуха из воздухозаборов; применение респиратора с фильтром, а иногда и с противогазом.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию

организма. Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. Относительная высокая скорость воздуха (более 0,3-0,5) может мешать технологическому процессу при сварке в среде защитных газов. В сварочном цехе значения микроклимата не должны превышать допустимых значений, приведенных в таблице 32.

Таблица 32 – Оптимальные нормы микроклимата в сварочном цеху

Сезон года	Температура, °С	Относ. влажность,	Скорость движения воздуха, м/с, более	Температура воздуха вне постоянных рабочих мест, °С	Тепловое облучение, Вт/м <sup>2</sup>
Холодный и переходный периоды	18-20	60-40	0,2	13-24	800-1000
Теплый период	21-23	60-40	0,3	24-28	1000-1500

При выполнении указанных мероприятий, условия труда на строительной площадке по микроклимату и воздействию среды соответствуют допустимым нормам.

### Шум и вибрация

Производственный шум, это сочетание различных по частоте и силе звуков. Вибрация - механические колебания материальных точек или тел.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины;
- сварочная дуга;

- слесарный инструмент: молоток, шабер, машинка ручная шлифовальная и др.

Потенциальные последствия шумового воздействия на организм человека:

- потеря слуха;
- потеря равновесия;
- потеря понимания ситуации, дезориентация;
- любые другие последствия (например, механические) воздействия на условия окружающей среды или отвлечение внимания.

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование.

Последствия вредного воздействия вибрации на организм человека: утомление;

- неврологическое поражение;
- сосудистые нарушения;
- соударения.

Предельно допустимые нормируемые параметры местной вибрации на производстве при длительном вибрационном воздействии 480 мин (8ч) приведены в таблице 33.

Таблица 33 - Предельно допустимые значения производственной местной вибрации

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_o$ , $Y_o$ , $Z_o$			
	виброускорения		виброскорости	
	$m/s^2$	дБ	$m/s \cdot 10^2$	дБ
8	1,4	123	2,8	115

16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения, и их уровни	2,0	126	2,0	112

Способы снижения вибрации: понижение вибрации в источнике ее возникновения конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование - подбор определенных видов материалов, виброизоляция).

Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции.

При механизации сварочного производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда на строительной площадке соответствуют допустимым нормам.

### Освещение

Основной задачей освещения на производстве является поддержание на рабочем месте освещенности, хорошо воспринимаемой человеческим глазом.

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение, создаваемое светом неба.

В вечернее или ночное время, а также при недостаточном естественном

освещении в дневное время применяют искусственное освещение, которое создается электролампами. Для сборочно-сварочных мест можно применять общее или местное освещение. Общее освещение может быть равномерным или точечным.

Уровень освещенности должен быть не менее 500Лк (см. ИСО 8995-1).

Освещение рабочей зоны на строительной площадке соответствует установленным требованиям.

### Повышенная яркость света. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение

В процессе электросварки сварочной дугой излучается свет различных диапазонов.

Спектр излучения сварочной дуги включает в себя диапазон инфракрасных волн, видимый диапазон и ультрафиолетовый диапазон.

Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и её спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, типа сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

Ультрафиолетовое излучение не воспринимается человеческим глазом и поэтому опасно вдвойне. Ультрафиолетовое излучение, в первую очередь, воздействует на глаза, вызывая повреждение роговицы, хрусталика и сетчатки, что приводит к необратимым последствиям и потере зрения.

Слепящая яркость видимого света при сильной интенсивности облучения также вредно влияет на глаза. Особенно опасна синяя часть спектра излучения дуги или газового факела, которая в сочетании с воздействием инфракрасного излучения вызывает фотохимические повреждения сетчатки глаза.

Инфракрасное излучение, как и ультрафиолетовое, не воспринимается глазом человека. Инфракрасное излучение, особенно длинноволновое поглощается тканями человеческого тела, вызывая их нагревание, что непосредственно приводит к ожогам. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения, интенсивность которого превышает

допустимый уровень, приводит к нарушению функции организма, которая регулирует температуру, и тепловому удару.

Допустимая плотность потока энергии электромагнитного излучения оптического диапазона (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного) на рабочих местах должна соответствовать требованиям, установленным соответствующими нормативными правовыми актами представлено в таблице 34.

Таблица 34 – Допустимые уровни оптической облученности при сварочном производстве

Область спектра	Область излучения	Длина волны, мкм	Допустимая плотность потока излучения, Вт/м <sup>2</sup>
Ультрафиолетовая	С	200-280	0,001
Ультрафиолетовая	В	280-315	0,01
Ультрафиолетовая	А	315-400	10,0
Видимая		400-760	В соответствии со СП 52.13330.2016 естественное и искусственное освещение.
Инфракрасная		760-1000	

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет



сократить воздействие вредных факторов на организм.

### Электроопасность

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000В (1кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000В (1кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование: ВДМ 201, напряжения 220/380В, а также УШМ, работающая от напряжения 220В., следовательно, оборудование относится к 1 категории опасности.

Самыми распространенными причинами электротравм являются:

- возникновение напряжения там, где его не должно быть (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.);
- возможность взаимодействия с незаизолированным токопроводными частями при отсутствии соответствующих ограждений;
- влияние электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;
- другие причины: противоречивые и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без присмотра, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

Меры защиты от электротравм:

- оградительные устройства;

- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности.

Применение указанных защитных мер обеспечивает электробезопасность при монтаже и сварочном производстве РВС.

Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл

Причины опасного воздействия:

- горячие поверхности, связанные с рабочим органом, оборудованием или обрабатываемой деталью;
- взрывоопасная атмосфера, вызванная технологическим процессом. например, окраска (распыленные частицы, порошковая окраска), огнеопасные растворители, пыль при шлифовке и фрезеровании;
- огнеопасные материальные объекты (внутри пылеулавливающих систем, промывочных ванн, установок герметизации)

Последствия воздействия:

- ожоги (от горячего или холодного);
- лучевое поражение.

Для предотвращения получения ожогов при сварочных работах используются индивидуальные средства защиты.

При варочных работах основным защитным приспособлением является

маска, смотровое отверстие которой выполнено из светофильтра, которое способно задерживать инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижать световую яркость сварочной дуги. Выбор светового фильтра зависит от мощности дуги и способа сварки. Для защиты от ожогов применяют брезентовую спецодежду и рукавицы. Запрещается выполнять сварочные работы с закатанными рукавами и расстегнутым воротом. Спецодежда и обувь сварщика должны обеспечивать оптимальный теплообмен организма при работе с физическими нагрузками, эффективно защищать от брызг расплавленного металла, быть не тяжёлой, и не стеснять свободу.

Для защиты ног рекомендуется применять кожаную (летом) или войлочную (зимой) обувь, которая защищает от теплового воздействия, холода, искр и брызг расплавленного металла.

Руки защищают рукавицами от теплового излучения, от низких температур и сварочных брызг.

Для защиты окружения от светового потока и брызг расплавленного металла используют ширмы и т.д.

Использование средств индивидуальной защиты при работе на площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на человеческий организм.

### Вредные психофизиологические факторы

Психофизиологические вредные производственные факторы по характеру действия подразделяют на:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Психологические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;

- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Один и тот же вредный производственный фактор может относиться одновременно к различным группам.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной сварке вызывают перенапряжение костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя), гибкости проводов, продолжительности непрерывной работы и поддержания рабочего положения (стоя, сидя, полусидя, на коленях, лежа на спине).

Максимальные физические нагрузки как правило ощущаются при выполнении сварочных работ в положении полусидя и стоя, а также при сварке в потолочном положении или лежа на спине в труднодоступных местах.

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: перенос до рабочего места заготовок, сварочных материалов, подъем и перенос приспособлений, поворот свариваемых узлов. Такие нагрузки чаще всего приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов.

Высокие психологические нагрузки приводят к перенапряжению зрительной функции и приводят к возникновению эмоционального расстройства у сварщиков. Напряжение зрения, вызывается непрерывными наблюдениями за не контрастными элементами зоны сварки маленьких размеров (зазор в стыке, сварочная ванна, глубина кратера, шов, затвердевает и т.д.), а также сложностью работы. Это может привести к нарушению функционирования сердечно-сосудистой и нервной системы также к нарушению моторной реакции.

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Технологические меры - создание наиболее благоприятных

технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация, улучшение технических характеристик аппаратуры, инструментов и т.д.)

Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает также производственная гимнастика.

Рационализация санитарно-гигиенических условий.

Повышение квалификации (тренированности) работников.

Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже.

#### Комбинации опасных факторов

Определённая связь наблюдается между опасными и вредными производственными факторами. Так, например, высокая влажность в рабочем помещении и наличие токопроводящей стружки повышают опасность поражения человека электрическим током.

Причины комбинированного воздействия опасных факторов на человека:

- опасности, вызванные многочисленными отказными ситуациями;
- неправильное понимание реальной проблемы или сложной проблемы и выполнение неправильных или ненужных действий;
- выполняемое действие повышает серьезность вреда;
- непреднамеренное открывание удерживающих устройств, вызывающее перемещение объектов под действием остаточных сил (инерции, тяжести, пружин, накопленной энергии);
- неисправность устройства обеспечения безопасности, не позволяющая ему работать надлежащим образом.
- устройства, обеспечивающие безопасность работы человека:

- стационарные или чувствительные ограждения вокруг рабочего пространства.

Проведение сварочных работ при ремонте трубопроводов должно быть спроектировано так, чтобы во время производства было максимально снижено воздействие потенциальных опасностей на рабочий персонал.

### Специальная оценка условий труда (СОУТ)

Оценка условий труда заключается в выявлении и измерении вредных и опасных производственных факторов. По результатам спецоценки каждому проверенному рабочему месту присваивается один из четырех классов опасности. Выбор класса определяется наличием и интенсивностью воздействия на работника следующих вредных факторов.

Работникам, чьи рабочие места признаны вредными или опасными (3- 4 класс) полагаются различные гарантии и компенсации в соответствии с ТК РФ и другими нормативными актами:

- сокращенное рабочее время (ст. 92 ТК РФ).
- повышенные тарифные ставки (ст. 146, 147 ТК РФ).
- дополнительные отпуска (ст. 117 ТК РФ).
- досрочный выход на пенсию (ст. 27 закона от 17.12.2001 № 173-ФЗ «О трудовых пенсиях в РФ»).
- ограничения для работы на таких местах женщин и несовершеннолетних (ст. 253, 265 ТК РФ).
- регулярные медосмотры (ст. 213 ТК РФ).
- предоставление средств индивидуальной защиты.
- выдача молока и лечебно-профилактического питания (ст. 222 ТК РФ).

Своевременное проведение СОУТ способствует выявлению и сокращению рисков путем разработки и внедрения мероприятий по охране и улучшению условий труда.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер влияния данной технологии на окружающую среду. Анализируются источники загрязнения окружающей среды, которые могут возникнуть в результате предлагаемой технологии. Источники загрязнения окружающей среды:

- металлические отходы;
- вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов).

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества. Через неплотности в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит истечение находящихся под давлением газов.

### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС – это обстановка на определенной территории, которая образовалась по причине аварии, крупного природного явления, катастрофы, стихийного бедствия, в последствии которого появились человеческие жертвы,

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

- пожары, взрывы.

В ходе работы есть вероятность выхода из строя оборудования, что может

привести к пожару и даже взрыву. Должны быть проведены и хорошо отработаны следующие превентивные меры при возникновении такой ЧС как пожар:

- прогнозирование пожара;
- порядок информирования вышестоящих организаций при возникновении пожара;
- разработка мероприятий по ликвидации пожара;
- правила поведения персонала при пожаре;
- ликвидация последствий пожара и защита персонала.

Место проведения сварочных работ должно быть оснащено противопожарными средствами.

На участке проведения сварочно-монтажных работ должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители расположены на видных местах вблизи производства сварочных работ.

Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.



## **Заключение**

В выпускной квалификационной работе разработана технология процесс сборки и сварки трубопровода из двухслойной стали «09Г2С-12Х18Н10Т», диаметром 530мм с толщиной стенки, равной 14 мм. Применялась ручная дуговая сварка плавящимся электродом.

В результате проведенной работы был проведен выбор способа сварки трубопровода, оборудования и сварочных материалов.

Для решения поставленной задачи были выбраны оптимальные режимы сварки в соответствии с толщиной стенки трубы, требуемыми размерами и формой шва. На основе проведенного анализа в подборе сварочных электродов и источника питания, целесообразно выбрали подходящее оборудование и материалы, основываясь на минимизацию материальных затрат и наивысшее качество для работы.

В заключении можно отметить, что при соблюдении данной технологии сварки, ожидается получение качественного сварного соединения, которое будет отвечать необходимым требованиям.

Все же, дальнейшее внедрение разработанных режимов сварки может быть только после череды опытов и последующей проверки, которая будет заключаться в визуальном и неразрушающем контроле сварного соединения.

Данная система подтверждения необходима, поскольку зачастую теоретические данные, полученные в результате разработки, могут отличаться от практических.

## Список использованных источников

1. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, - 1977-432с.
2. Справочник по сварке. Под ред. Е.В. Соколова и др.-М.: Машиностроение, - 1961-664с.
3. Дедюх Р.И. Расчёт режимов дуговой сварки: методические указания к курсовому и дипломному проекту для студентов специальности 0504.–Томск, изд. ТПИ, 1983.-18с.
4. Технология сварки плавлением. Часть I: учебное пособие / Е.А.Трущенко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 144 с.
5. Земзин В.Н. Сварные соединения разнородных сталей. – 1966. - 232с.
6. Хайдарова А.А. Особенности сварки технологических трубопроводов из двухслойных сталей. - 2009
7. Хайдарова А.А., Гнюсов С.Ф. Сварка двухслойных труб из стали 20 и стали 12Х18Н10Т // Труды IV Международной науч. тех. конф. «Современные проблемы машиностроения». / ТПУ. - Томск, 2008. – С. 307-311.
8. Гнюсов С.Ф., Хайдарова А.А., Советченко Б.Ф. Особенности сварки двухслойных труб из сталей 12Х18Н10Т и 20 // Сварочное производство. - 2009.- №8. – С. 9-15.
9. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
10. Сварочные электроды [Электронный ресурс]  
Режим доступа: <http://elektrody.kovka-svarka.ru/prokal-elektrod-uoni-1355/>
11. Интернет-магазин сварочного оборудования и материалов "КИТ" [Электронный ресурс]  
Режим доступа: <http://kitt-nn.ru/p138606003-elektrody-nero-uoni.html>
11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и

общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

12. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003

## Приложение

[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

[illegible][illegible]

A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх	
01	Электроды УОНИ 13/55 Ø3мм					ГОСТ 9467-75											
002	Производить сварку согласно ФЮРА.20190.001																
03	Сварку корневого шва производить электродами УОНИ 13/55, Ø3мм																
04	Сварку заполняющих и облицовочного швов производить электродами ОЗЛ-8, Ø3мм																
05	После каждого прохода зачищать сварной шов																
Т06	Молоток,щетка по металлу, ушп																
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	

МК	Маршрутная карта
----	------------------

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										ФЮРА 02190.140									
Разраб.	Петлин А.А.				ИШНКиБ ТПУ										ФЮРА 60190.001				
										Стыкового соединения выпусков стержней арматуры									
Н.контр.	Першина А.А.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	Іс	Іэ	Пл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tи	Tп				
A01	2	1	1	010	Сборка					ИОТ№1, ГОСТ 14098-2014, РД 393-96									
B02	Аппарат сварочный Foxweld ВД-250И					3	Сварщик 5		1	2	1								
03	Внутренний центратор					3	Сварщик		5	1	1	1							
КМ04	2 трубы, сталь 09Г2С-12Х18Н10Т Ø530мм																		
05	Электроды ОЗЛ-8, Ø3мм					ГОСТ 10052-75													
O06	1. Собрать с помощью внутреннего центратора стыковое соединение трубопровода согласно ФЮРА.20190.001																		
07	2. Сделать 4 прихватки длиной 60 мм, высота - 3-4 мм																		
РС08	П						20...36	80...110											
09	В						20...36	72...104											
10	Н						20...36	90...130											
11	3. Удалить илак с прихваток																		
T12	Молоток, щетка по металлу																		
13																			
A14	2	1	1	015	Сварка					ИОТ№1, ГОСТ 14098-2014, РД 393-96									
OK		Операционная карта																	

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
ФЮРА 60190.001																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования								СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код									
РС1	ПС	НП	ДС	Іс	Із	Іл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tи	Tп			
Б01	Аппарат сварочный Foxweld ВД-250И								3	Сварщик	5	1	1	1				
02	Внутренний центратор								3	Сварщик	5	1	1	1				
К/М03	Собранная конструкция								СНП III-42-80									
04	Электроды ОЗЛ-8, Ø3мм								ГОСТ 10052-75									
О05	1. Заварить сварной шов №1 отступая от края 32 мм.																	
РС06	П					20...36	80...110											
07	В					20...36	72...104											
08	Н					20...36	90...130											
09	2. Зачистить сварной шов от шлака.																	
К/М10	Электроды УОНИ 13/55, Ø3мм								ГОСТ 9467-75									
О11	1. Заварить сварной шов №2 отступая от "замка" шва №1 18 мм, так чтобы стыки швов перекрывали друг друга																	
РС12	П					20...36	80...110											
13	В					20...36	72...104											
14	Н					20...36	90...130											
15	2. Зачистить сварной шов от шлака.																	
ОК		Операционная карта																



Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования									СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала									Обозначение,код										
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn					
Б01	3. Повторить действия 1,2, со швами №3, №4, №5, №6																			
02																				
К/М03																				
04																				
005																				
РС06																				
07																				
08																				
09																				
К/М10																				
011																				
РС12																				
13																				
14																				
15																				

OK	Операционная карта																	
----	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



